Mécanique ventilatoire

Mécanique ventilatoire

Définition

Etude des phénomènes qui vont permettre ou s'opposer au renouvellement de l'air dans les alvéoles.

Objectifs

Connaître les données spirographiques : volumes et débits

Savoir construire les courbes pression-volume et définir le niveau ventilatoire de repos.

Comprendre l'importance du surfactant.

Définir la zone silencieuse du poumon et les conséquences qui résultent de ce « silence ».

Mécanique ventilatoire

Exploration de base : La spirographie

La spirographie : exploration du souffle

❶ **Les volumes pulmonaires :**

Exploration : parenchyme pulmonaire, parois thoracique

❷ **Les débits bronchiques :**

Exploration des : grosses bronches petites voies aériennes

1. Les volumes : le parenchyme, les parois

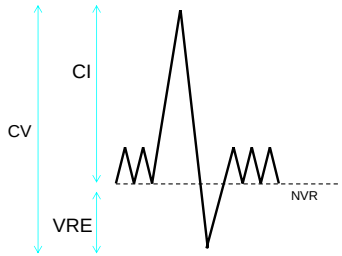
✓ **Les volumes mobilisables :**

Capacité vitale (CV) =

Capacité inspiratoire (CI)

+

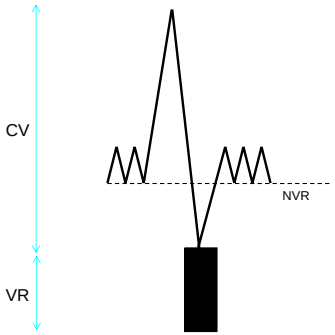
Volume de réserve expiratoire (VRE)



1. Les volumes : le parenchyme, les parois

✓ **Le volume non mobilisable :**

Volume résiduel (VR)



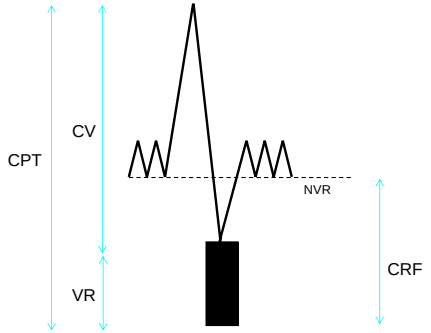
1. Les volumes : le parenchyme, les parois

✓ **Les sommes :**

Capacité pulmonaire totale (CPT)
= CV + VR

Capacité résiduelle fonctionnelle (CRF)
= VRE + VR

La spirographie : Synthèse

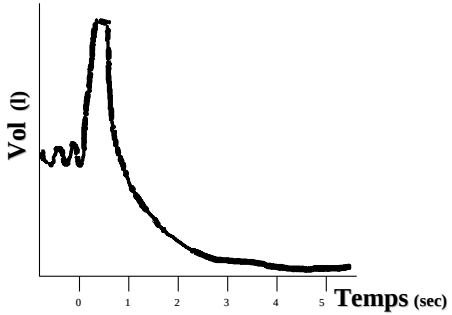


2. Les débits : les bronches

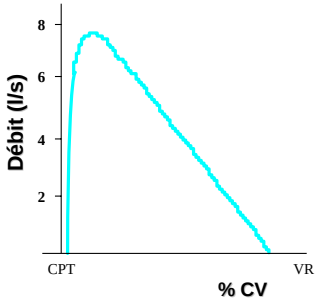
2.1. La courbe d'expiration forcée

- Nécessité d'une standardisation pour comparaison inter et intra individuelles
- Inspiration forcée suivie d'une expiration maximale, la plus rapide possible

La courbe d'expiration forcée



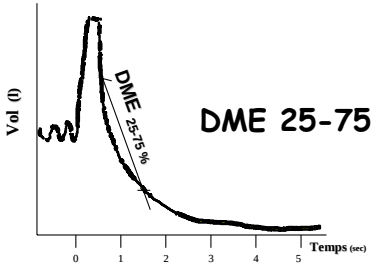
Volume-temps



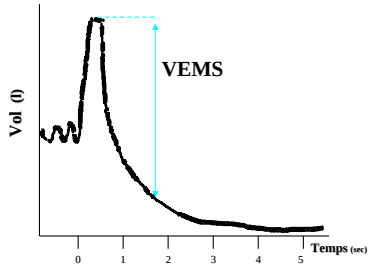
Débit-volume

2.2. Les Débits moyens

(Courbe volume-temps)



DME 25-75

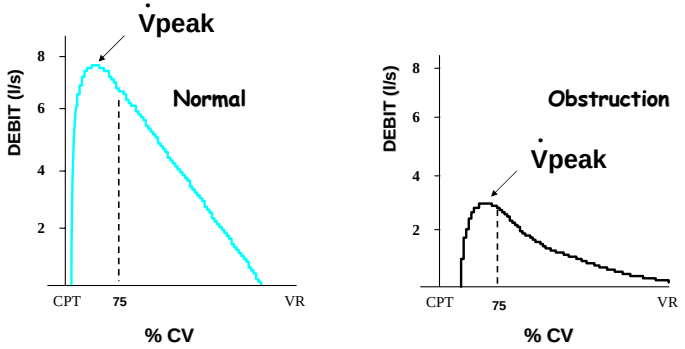


VEMS

2.3. Les Débits instantanés

(Courbe débit-volume)

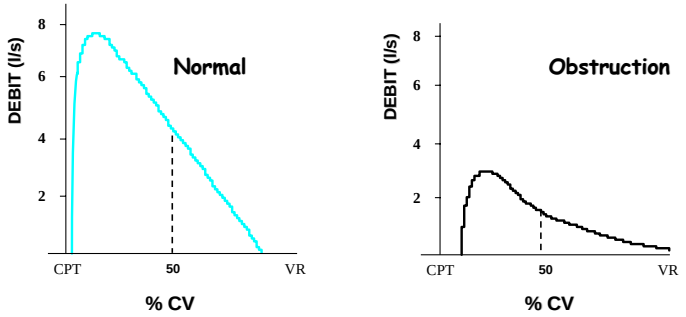
Donne même type de résultat que VEMS $\dot{V}peak$, $\dot{V}_{75}$



2.3. Les Débits instantanés

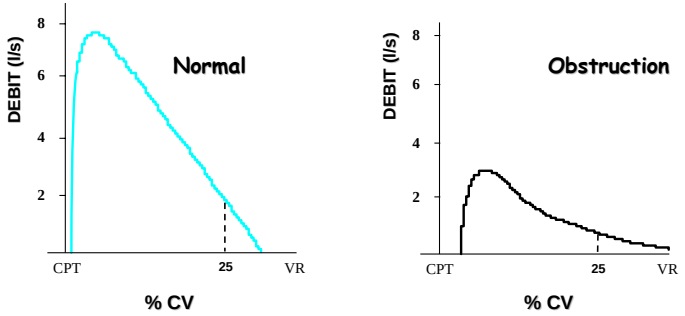
(Courbe débit-volume)

Très intéressant, comparable DME 25-75 $\dot{V}_{50}$ +++



2.3. Les Débits instantanés (Courbe débit-volume)

Ecart type trop important inutilisable $\dot{V}_{25}$



2.4. Les débits : Signification

✓ Le VEMS, le $\dot{V}$ pointe, le $\dot{V}_{75}$ explorent globalement grosses bronches et petites voies aériennes proximales.

✓ Le DME $_{25-75}$ et le $\dot{V}max_{50}$ explorent plus spécifiquement mais insuffisamment les petites voies aériennes.

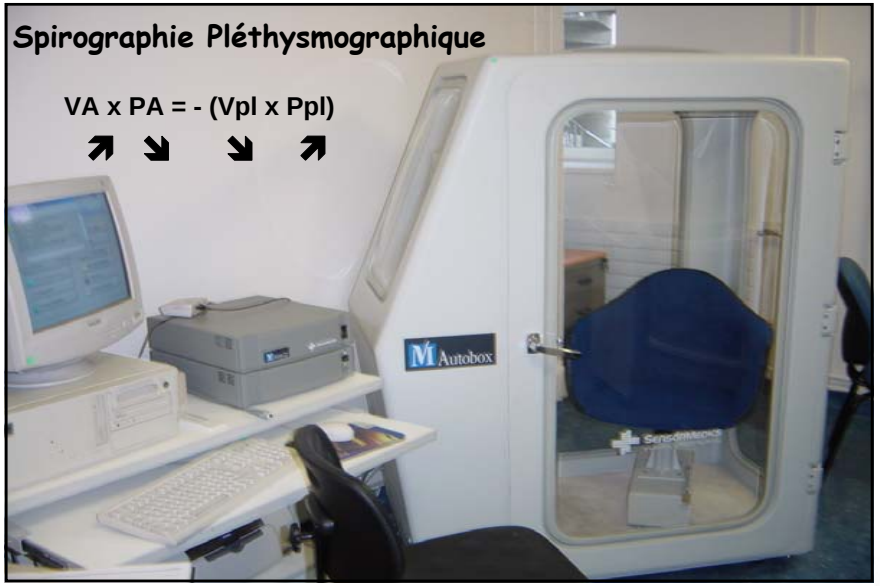
2.4. Les débits : Signification

Notion « de zone silencieuse » du poumon

Il s'agit de l'ensemble des petites voies aériennes distales. Elles sont mal évaluées par la spirographie, qui «ne parle pas». A contrario, ce sont les premières altérées dans les pathologies broncho-pulmonaires.

3. Les appareils de mesure

- ✓ **Les spirographes mécaniques : volume-temps**
- ✓ **Les pneumotachographes : débit-volume**
- ✓ **Les pléthysmographes : volumes …**



4. Les valeurs théoriques

✓ **Dépendantes : sexe, taille, âge, race**

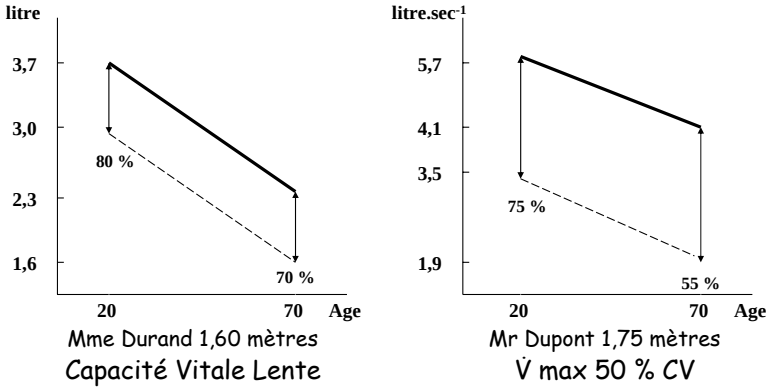
✓ **Exemples :**

Homme : 20 ans 1,9 m CV = 7 l VEMS = 5,6 VEMS/CV = 80%

Femme : 70 ans 1,5 m CV = 2,7 l VEMS = 1,9 VEMS/CV = 70%

✓ **Notion limite inférieure de la normale : propre à chaque variable**

Notion limite inférieure de la normale



Mme Durand 1,60 mètres
Capacité Vitale Lente

Mr Dupont 1,75 mètres
V̇ max 50 % CV

Parce que les paramètres sont différentes et que l'écart type résiduel de chacune d'entre-eux est constant, quel que soit l'âge, le pourcentage de la limite inférieure par rapport à la normale est toujours variable.

5. Interprétation des résultats

✓ **Déficit ventilatoire RESTRICTIF**

Diagnostic : CPT diminuée sous Lim. Inf. Normale
Sévérité : CPT % th

✓ **Déficit ventilatoire OBSTRUCTIF**

Diagnostic : VEMS/CV < 70 %
Sévérité : VEMS % th

6. Exemples pathologiques

✓ **Déficit obstructif : asthme, BPCO, emphysème…**
VEMS/CV ↘ vs CPT normale

✓ **Déficit restrictif : fibrose pulm., cyphoscol…**
CPT, CV ↘ vs VEMS/CV normal

7. La spirographie du généraliste

Débit mètre électronique (prix insignifiant)

Mesure VEMS, CV donc VEMS/CV

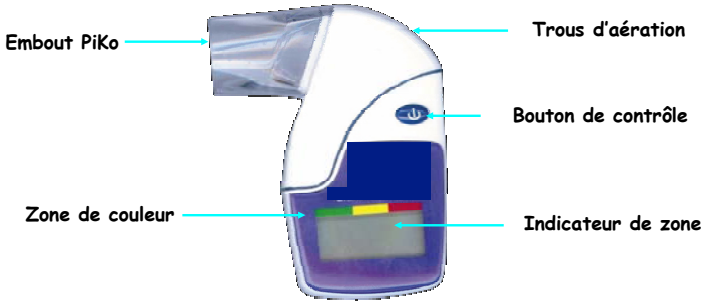
Permet le diagnostic d'un déficit obstructif.

Doit être utilisé chez tout sujet à risque

(tabagique ≥ 40 ans, 10 paquets-année)

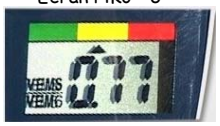
Spirométrie du généraliste : exemple PiKo-6®

Mode d'emploi



Spirométrie du généraliste : exemple PiKo-6®

Ecran PiKo®-6



Interprétation

Les valeurs de références par défaut sont paramétrées comme suit :

Vert : **VEMS/CV > 0,8**	→	**A priori**, pas d'asthme ou de maladie respiratoire liée au tabac
Jaune : **0,7 < VEMS/CV < 0,8**	→	Bilan spécialisé nécessaire si vous fumez, toussez, crachez ou êtes parfois essoufflé
Rouge : **VEMS/CV < 0,7**	→	Bilan respiratoire spécialisé indispensable

Mécanique ventilatoire

Propriétés statiques du système respiratoire

1. Rappel

1.1. : Equation Newton domaine 3 dimensions

$$P_{tot} = E_{tot} \times V + R_{tot} \times \dot{V} + I_{tot} \times \ddot{V}$$

1.2. : Equation Newton condition statique

$$P_{tot} = E_{tot} \times V + R_{tot} \times \dot{V} + I_{tot} \times \ddot{V}$$

$$\boxed{P_{tot} = E_{tot} \times V}$$

2. Détermination des propriétés élastiques

2.1. Les paramètres de mesure

- ✓ **Les volumes : % CV th = Normalisation**
- ✓ **Les pressions motrices :**
  - **Poumons : $P_L = P_A - P_{pl} = P_{bu} - P_{oe}$**
  - **Thorax : $P_w = P_{pl} - P_B$**
  - **Syst.Resp : $P_{tot} = P_A - P_B$**

2. Détermination des propriétés élastiques

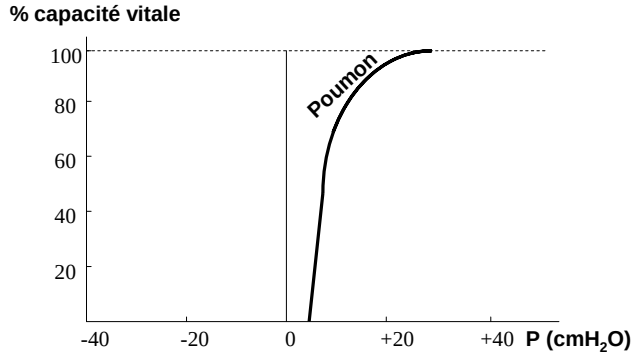
2.2. Les variables mesurées

Propriétés statiques :	**P = E x V**
Elastance :	**E = P / V**
Compliance :	**C = 1 / E = V / P**

2.3. Construction courbes volume/pression

2-3-1 : courbe volume/pression du poumon

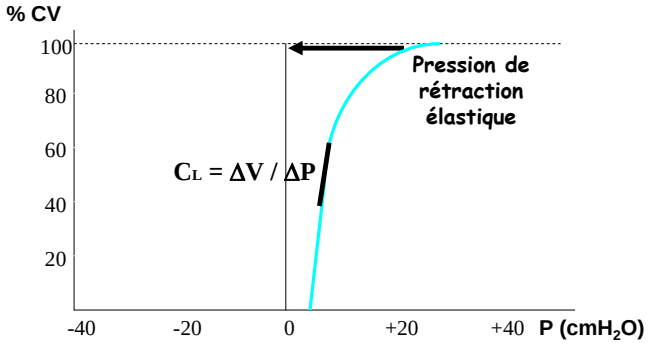
Inspiration complète : apnée 2 sec
Expirations partielles avec apnée



2.3. Construction courbes volume/pression

2-3-1 : courbe volume/pression du poumon

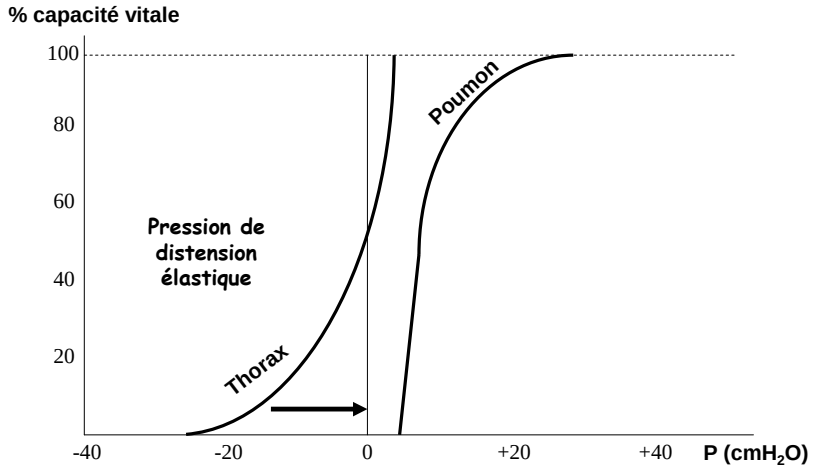
Compliance = ΔV / ΔP au dessus NVR
Pression de rétraction élastique (max)



2.3. Construction courbes volume/pression

2-3-2 : courbe volume/pression du thorax

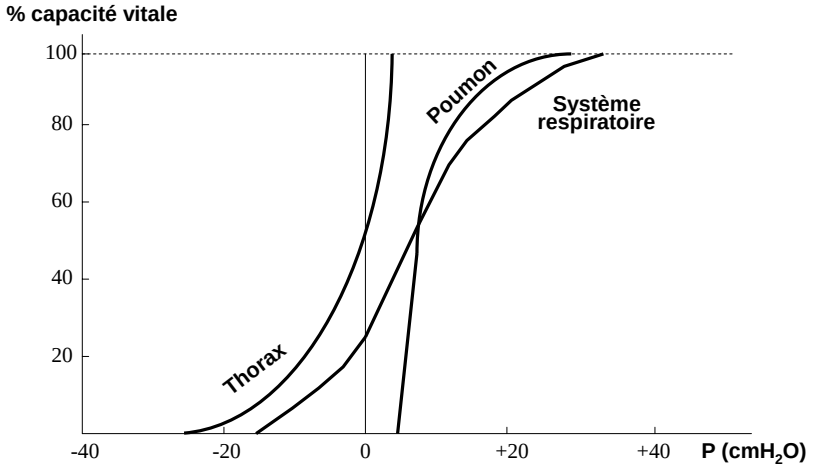
- ✓ **Construction : Identique précédente**
- ✓ **Analyse : Compliance = ΔV / ΔP au dessus NVR**



2.3. Construction courbes volume/pression

2-3-3 : courbe volume/pression du système respiratoire

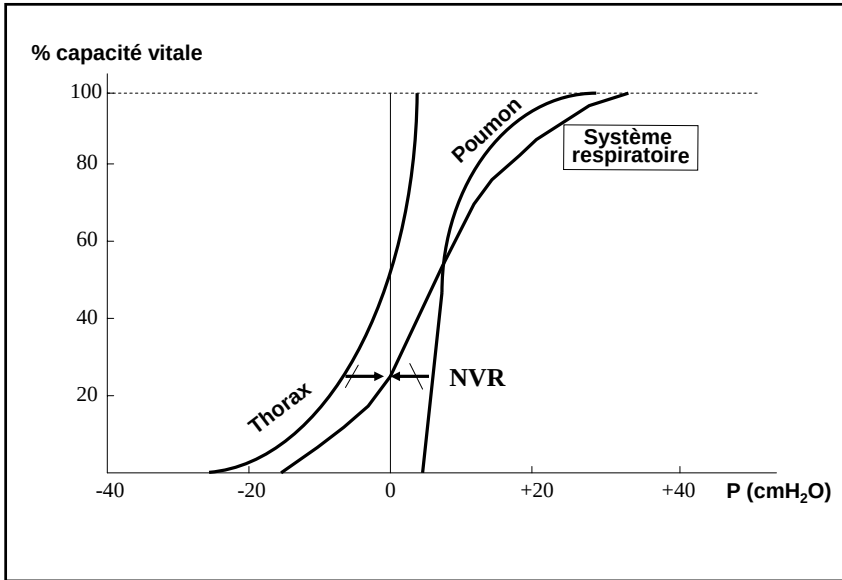
- ✓ **Construction : Sommation des deux précédentes**



2.3. Construction courbes volume/pression

2-3-3 : courbe volume/pression du système respiratoire

✓ **Définition NVR : Volume pulmonaire auquel les forces de rétraction et de distension élastiques thoraco-pulmonaires sont égales et de sens opposé.**



3. Origine de l'élasticité pulmonaire

3.1. Facteurs histologiques

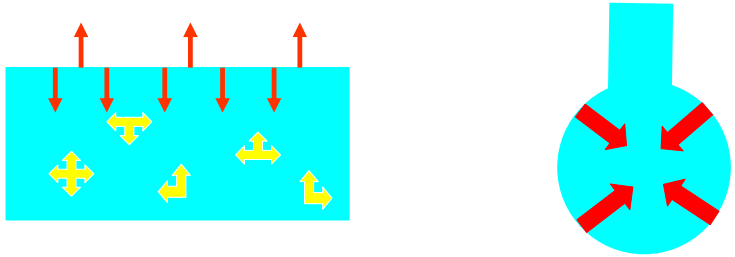
3.2. Facteurs physico-chimiques

3.2.1. Notion de force de tension superficielle

- ✓ **Forces attraction intermoléculaires**
- ✓ **Phase aériennes < phase liquidienne**

Rétraction Paroi Bulle

Physico-chimie : Forces de tension superficielle



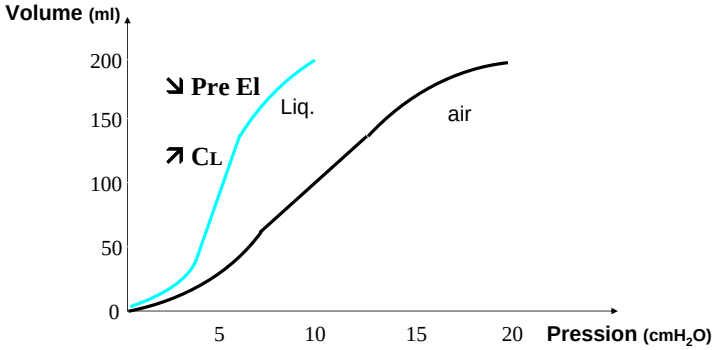
Physiologie : Question

L'interface air-liquide du poumon exerce t-il une force de tension superficielle qui jouerait un rôle dans l'élasticité pulmonaire ?

3.2.2. Expérience de Von Neergaard (1929)

Interface liquide / liquide

Distensibilité poumon x 2



3. Origine de l'élasticité pulmonaire

3.3. Synthèse

✓ **L'interface air-liquide participe aux forces de rétraction élastique du poumon.**

✓ **Ces forces physico-chimiques de rétraction contribuent pour 50 % à la distensibilité pulmonaire donc à égalité avec les forces de rétraction histologique.**

4. Notion de surfactant

4.1. Interface air-liquide : liquide = sérum ?

✓ **Pression réelle < 5-10 fois pression théorique**

Protection fatigue, mais origine ?

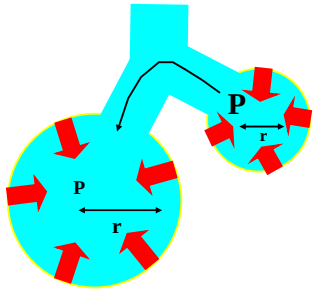
✓ **Instabilité alvéolaire**

Petits alvéoles se vident dans grands

Liquide = sérum : NON

Loi de Laplace

P = 2T / r



P = Pression ; r = Rayon T = Tension superficielle

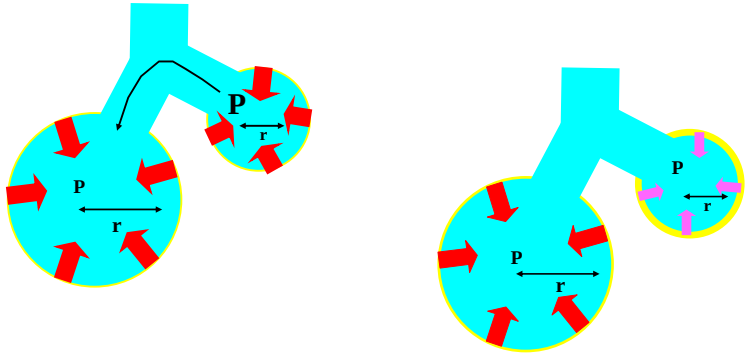
4. Notion de surfactant

4.2. Le surfactant et ses propriétés

- ✓ **Lipoprotéine ½ vie : 30 heures**
- ✓ **↘ travail musculaire**
- ✓ **Stabilité alvéolaire**
- ✓ **Poumon sec**

Loi de Laplace

P = 2T / r



P = Pression ; r = Rayon ; T = Tension superficielle